

**KARAKTERISASI BETON POLIMER BERBASIS KULIT
UDANG DAN *POLYESTER***

SKRIPSI

ZULI ASTIKA NASUTION

75154021



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

**KARAKTERISASI BETON POLIMER BERBASIS KULIT
UDANG DAN *POLYESTER***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

Dalam Ilmu Fisika

**Zuli Astika Nasution
75154021**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Zuli Astika Nasution
Nomor Induk Mahasiswa	: 75154021
Program Studi	: Fisika
Judul	: Karakterisasi Beton Polimer Berbasis Kulit Udang dan <i>Polyester</i>

Dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 6 Februari 2020 M
12 Jumadil Akhir 1441 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,

Pembimbing Skripsi II,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 1981110620050111003



Shinta Marito Siregar, S.Si., M.Si.
NIDN. 0123098202

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Zuli Astika Nasution
Nomor Induk Mahasiswa : 75154021
Program Studi : Fisika
Judul : Karakterisasi Beton Polimer Berbasis Kulit
Udang dan *Polyester*

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 6 Februari 2020



Zuli Astika Nasution
NIM. 75154023



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERISUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.043/ST/ST.V.2/PP.01.1/03/2021

Judul : Karakterisasi Beton Polimer Berbasis Kulit Udang dan Polyester

Nama : Zuli Astika Nasution

Nomor Induk Mahasiswa : 75154021

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Selasa, 28 Januari 2020

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 19811106 20050111003

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 19811106 20050111003

Penguji II,

Shinta Marito Siregar, S.Si., M.Si.
NIDN. 0123098202

Penguji III,

Mulkan Iskandar Nasution, M.Si.
NIB. 1100000120

Penguji IV,

Mashtura, M. Si
NIB.1100000069

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. H. M. Jamil, M.A.
NIP. 196609101999031002

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian Karakterisasi Beton Polimer Berbasis Kulit Udag dan *Polyester* yang bertujuan Untuk mengetahui apakah kulit udang dan *Polyester* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer, untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari beton polimer yang dihasilkan, dan untuk mengetahui komposisi pencampuran kulit udang dan *Polyester* dengan karakteristik fisik dan mekanik yang optimal. Variasi komposisi pencampuran pasir silika dan kulit udang adalah 75:25%, 50:50%, dan 25:75% dengan komposisi *Polyester* sebesar 20 dan 25% dari total berat pasir dan serbuk kulit udang. Pencetakan sampel uji menggunakan mesin hotpress dengan suhu 120 °C dan selang waktu 15 menit. Karakterisasi pengujian beton polimer dengan menggunakan kuat tekan, kuat patah, densitas, *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kulit udang dan *polyester* dengan variasi komposisi pencampuran tertentu dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer dengan karakteristik yang baik. Kuat Tekan beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 57,92 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 48,20 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 40,57 MPa. Kuat tekan pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 61,16 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 51,95 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 44,15 MPa. Kuat patah beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 16,94 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 16,92 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 14,78 MPa. Kuat patah pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 17,98 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 17,57 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 14,96 MPa. Densitas beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 2.662,96 kg/m³, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 2.075,82 kg/m³, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 1.532,90 kg/m³. Densitas pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 2.712,13, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 2.092,43 kg/m³, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 1.969,68 kg/m³. Kuat tekan beton polimer yang di hasilkan memberikan nilai terbaiknya di komposisi 25 % dengan pencampuran variasi 75:25 % dengan nilai sebesar 61,16 MPa. Nilai kuat patah menghasilkan nilai terbaik di komposisi 25% dengan pencampuran variasi 75:25 % dengan nilai sebesar 17,98 MPa. Dan untuk karakteristik fisis yang menggunakan densitas dapat menghasilkan nilai terbaik di komposisi 25% dengan pencampuran variasi 75:15 % dengan nilai sebesar 2.712,13 kg/m³. Dan untuk pengujian SEM di dapat hasil foto yang menunjukkan bahwa pasir, serbuk kulit udang dan *polyester* yang mampu mengikat dengan baik.

Kata-kata kunci: Beton Polimer, Kulit Udag, Polyester, Kuat Tekan, Kuat Patah, dan *Scanning Electron Microscopy*

ABSTRACT

A research Characterization of Concrete Polymer-Based Skin Shrimp and *Polyester* which aims to determine whether the shells and *Polyester* can be used to produce polymer concrete, to determine the physical and mechanical characteristics of concrete polymer produced, and to determine the composition of mixing shrimp and *Polyester* with optimal physical and mechanical characteristics. Variations in the composition of mixing silica sand and shrimp shells are 75: 25%, 50: 50%, and 25: 75% with a composition *Polyester* of 20 and 25% of the total weight of sand and shrimp shell powder. Printing test samples using a hotpress machine with a temperature of 120 °C and an interval of 15 minutes. Characterization of polymer concrete testing using compressive strength, fracture strength, density, *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Shrimp and *shellspolyester* with certain variations in mixing composition can be used to produce polymer concrete with good characteristics. The compressive strength of polymer concrete at a composition of 20% *polyester* is found at a mixing variation of 75: 25% with a value of 57.92 MPa, at a mixing variation of 50: 50% with a value of 48.20 MPa, and at a mixing variation of 25: 50% with a value of 40, 57 MPa. The compressive strength at the composition of 25% *polyester* is found in the mixing variation of 75: 25% with a value of 61.16 MPa, in the mixing variation of 50: 50% with a value of 51.95 MPa, and in the mixing variation of 25: 50% with a value of 44.15 MPa. The fracture strength of polymer concrete at the composition of 20% *polyester* is found in the mixing variation of 75: 25% with a value of 16.94 MPa, the mixing variation of 50: 50% with a value of 16.92 MPa, and the mixing variation of 25: 50% with a value of 14, 78 MPa. The fracture in the composition of 25% *polyester* is strength found in the mixing variation of 75: 25% with a value of 17.98 MPa, the mixing variation of 50: 50% with a value of 17.57 MPa, and the mixing variation of 25: 50% with a value of 14.96 MPa. The density of the polymer concrete composition of 20% *polyester* contained in the mixing variations of 75: 25% with a value of 2662.96 kg / m³, the variation of the mixing of 50: 50% with a value of 2075.82 kg / m³, and the variation of mixing 25:50 % with a value of 1532.90 kg / m³. The density at the composition of 25% *polyester* is in the mixing variation of 75: 25% with a value of 2,712.13, the mixing variation of 50: 50% with a value of 2,092.43 kg / m³, and the mixing variation of 25: 50% with a value of 1,969.68 kg / m³. The compressive strength of polymer concrete that is produced gives the best value in the composition of 25% with a mixing of 75:25% variations with a value of 61.16 MPa. The fracture strength value produces the best value in the composition of 25% with a mixing variation of 75:25% with a value of 17.98 MPa. And for the physical characteristics that use density can result in the best value in the composition of 25% by mixing variations of 75:15% with a value of 2712.13 kg / m³. And for SEM testing, photos show that sand, shrimp shell powder and *polyester* are able to bind well.

Keywords: *Polymer Concrete, Shrimp Shell, Polyester, Compressive Strength, Broken Strength, and Scanning Electron Microscopy*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Beton PolimerBerdasarkan Kulit UdangdanPolyester.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof.Dr. Saidurrahman, M.Ag., selaku rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. H. M. Jamil, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.Serta selaku Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan, dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Shinta Marito Siregar, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, serta arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Segenap Dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dalam mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.

7. Kepada yang teristimewa Ayahanda dan Ibunda yang selalu mengiringi langkah penulis dengan doa-doanya, Khairul Bakti Nasution dan Habibah. Adik-adik penulis Fitri Emilda Nasution dan Nurul Azmi Nasution yang selalu memberi semangat untuk menjadi contoh yang baik buat adik-adiknya.
8. Sahabat-sahabat tercinta Amelya Pratiwi Nasution dan Risma Khoiriah Simbolon terimakasih atas persahabatan dan motivasinya kepada penulis.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan angkatan 2015.
10. Teman-teman kost *ummi squad* Khairun Nisa, Wike Nur Febriani, Chaira Salma, dan Habibah Adawiyah terima kasih telah menemani hari-hari penulis dan menemani penulis.
11. Terima kasih kepada teman KKN Kelompok 39 yang sudah menjadi keluarga dan sahabat bagi penulis terutama (Dedi Kurniadi, Aulia Nurjannah, Sofya Adianti, Arti Ariska, Roudotunnisa Pasaribu, Sari Faramitha, Lilis Pujianti, dan Aulia Rahmi Hasibuan)
12. Terima kasih kepada Mariana Yunita Sari Harahap dan Hasmar Rizki Siregar yang telah menjadi tempat berbagi penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir.
13. Terima kasih kepada adik stambuk Yuli Faraditha dan Nurainun Pasaribu yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga ini memberikan manfaat, tambahan ilmu, dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca. *Aamiin Ya Rabbal Alamiin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh.

Medan, 6 Februari 2020
Penyusun,



Zuli Astika Nasution

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Beton	4
2.2 Beton Polimer.....	6
2.3 Polimer	7
2.4 <i>Unsaturated Polyester Resin</i> (UPR)	8
2.5 Kulit Udang	9
2.6 Karakteristik Beton Polimer.....	10
2.6.1 Pengujian Kuat Tekan.....	10
2.6.2 Pengujian Kuat Patah.....	11
2.6.3 Densitas.....	12
2.6.4 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	12
2.7 Penelitian yang Relevan	13
2.8 Hipotesis.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.1.1 Tempat Penelitian	14
3.1.2 Waktu Penelitian.....	14

3.2 Bahan dan Alat Penelitian	14
3.2.1 Bahan-bahan Penelitian	14
3.2.2 Alat-alat Penelitian	14
3.3 Prosuder Penelitian.....	15
3.3.1 Diagram Alir Pembuatan Serbuk Kulit Udang	15
3.3.2 Diagram Alir Pembuatan Beton Polimer	16
3.3.3 Variabel Penelitian.....	17
3.3.3 Preparasi Sampel Beton	17
3.4. Metode Karakterisasi.....	19
3.4.1 Pengujian Kuat Tekan.....	19
3.4.2 Pengujian Kuat patah	20
3.3.4 Densitas.....	20
3.3.5 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	21
BAB IV HASIL DAN ANALISA	22
4.1 Karakterisasi Pengujian.....	22
4.1.1 Pengujian Kuat Tekan.....	22
4.1.2 Pengujian Kuat Patah.....	23
4.1.3 Densitas.....	24
4.2 Pembahasan	26
4.2.1 Kuat Tekan.....	26
4.2.2 Kuat Patah.....	27
4.2.3 Densitas.....	28
4.2.4 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ukuran Sampel 10 cm x 2 cm x 1 cm	10
2.2	Ilustrasi Kuat Tekan	11
2.3	Ilustrasi Kuat Tekan	12
3.1	Tahap Pembuatan Serbuk	15
3.2	Tahap Pembuatan Beton Polimer.....	16
3.3	Pengujian Kuat Tekan.....	19
3.4	Pengujian Kuat patah	20
3.5	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	21
4.1	Grafik Pengujian Kuat Tekan Terhadap Komposisi Beton Polimer.....	26
4.2	Grafik Pengujian Kuat Patah Terhadap Komposisi Beton Polimer.....	27
4.3	Grafik Pengujian Densitas Terhadap Komposisi Beton Polimer.....	28
4.4	Foto SEM dari Beton yang Dikeringkan Selama 8 Jam Pada Suhu 60 °C dengan Komposisi 25% (Massa) <i>Polyester</i> dan pasir 75% (Massa) Serbuk Kulit Udang 25% (Massa)	29

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
3.1	Komposisi Bahan Baku Pembuatan Beton 20% (Masaa) <i>Polyester</i>	18
3.2	Komposisi Bahan baku Pembuatan Beton 25% (Masaa) <i>Polyester</i>	18
4.1	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposisi 20% (Massa) <i>Polyester</i>	23
4.2	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposisi 25% (Massa) <i>Polyester</i>	23
4.3	Data Hasil Pengujian Kuat Patah Komposisi 20% (Massa) <i>Polyester</i>	24
4.4	Data Hasil Pengujian Kuat Patah Komposisi 25% (Massa) <i>Polyester</i>	24
4.5	Data Hasil Pengujian Densitas Komposisi 20% (Massa) <i>Polyester</i>	25
4.6	Data Hasil Pengujian Densitas Komposisi 20% (Massa) <i>Polyester</i>	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran
1	Data Pengujian Densitas
2	Bahan dan Alat Penelitian
3.	Foto <i>Scanning Electron Microscopy</i>
4.	Tabel Blaga, (CBD-242,1985)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zaman semakin maju dan berkembang, IPTEK memberikan pengaruh besar bagiseluruh aspek kehidupan. Salah satunya adalah pengaruh IPTEK dalam bidang teknik sipil terutama dalam hal teknologi konstruksi,dimana dapat kita lihat telah berdirikokoh seperti gedung-gedung bertingkat, jalan, jembatan, bandar udara,bangunan lepas pantai, stadion, terowongan, dan lain-lain (Rismayasari, 2012).

Secara umum pertumbuhan dan perkembangan industri kontruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi beton adalah beton (*concrete*) yang dipadukan dengan baja (*steel*) atau jenis lainnya. Konstruksi beton dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan, bendungan, saluran air, dan lain-lain. Kontruksi beton dapat dibagi menjadi dua bagian berdasarkan fungsinya, yaitu konstruksi bawah dan atas.

Material bangunan dalam satu kesatuan struktur, selain dirancang untuk memikul beban juga dirancang untuk menghadapi pengaruh alami lingkungan serta pengaruh sifat penggunaannya. Beton sebagai material bangunan harus memenuhi kriteria kekuatan dan daya tahan atau keawetan. Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat. Bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung, berfungsi untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu dan menghemat biaya (Marito,2009).

Limbah makanan laut seperti kulit udang dapat dijadikan sebagai bahan penyusun dalam campuran beton.Udang merupakan yang paling banyak terdapat di perairan Indonesia dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena kandungan protein yang tinggi.Dan kulit udang mengandung protein 25 – 40%, kalsium

karbonat 45 – 50%, sehingga dapat dijadikan alternatif bahan pengganti untuk campuran beton (Mifshella, 2015)

Agar diperoleh komposit dengan sifat mekanik yang baik, maka harus didukung dengan matriks. Syarat matriks yang digunakan harus mampu mempertahankan serat pada posisinya serta mampu mentransfer tegangan ke serat saat komposit dikenai beban. Jenis matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *polyester*. Resin *polyester* mempunyai kemampuan berikatan yang baik dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dan gas. Resin *polyester* memiliki *specific gravity* 1,04 – 1,46, keuletan (*elongation*) 1 – 5%, dan nilai kuat tarik 4,14 – 89,63 MPa yang merupakan nilai paling tinggi dibandingkan jenis resin termoset lainnya. Penambahan resin ini dimaksudkan untuk meningkatkan ikatan (*mechanical bonding*) antara serat dan matriks maupun penyusun komposit lainnya (Jatmika, 2017)

Untuk mengurangi limbah yang begitu banyak dan membantu pemerintah untuk menanggulangi limbah maka dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton menggunakan kulit udang sebagai *Filler* dan *Polyester* sebagai matriks. Dengan adanya penelitian “Karakterisasi Beton Polimer Berbasis Kulit Udang dan *Polyester*”, diharapkan diperoleh beton dengan sifat mekanik yang lebih baik dari beton tanpa menggunakan bahan tambahan lainnya dan dapat memperbaiki sifat beton tanpa mengurangi mutunya serta membantu mengurangi limbah makanan laut yang selama ini mencemari lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah kulit udang dan *Polyester* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer?
2. Bagaimana karakteristik fisik dan mekanik dari beton polimer yang dihasilkan?
3. Bagaimana komposisi pencampuran kulit udang dan *Polyester* untuk menghasilkan beton polimer dengan karakteristik fisik dan mekanik yang optimal?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Hanya menggunakan kulit udang swallow yang diperoleh dari rumah makan, restoran, dan pasar.
2. Matriks yang digunakan adalah *Polyester*.
3. Variasi komposisi pencampuran pasir silika dan kulit udang adalah 75:25, 50:50, 25:75% dengan komposisi *Polyester* sebesar 20 dan 25% dari total berat pasir dan serbuk kulit udang.
4. Pencetakan sampel uji menggunakan mesin hotpress dengan suhu 120 °C dan selang waktu 15 menit.
5. Karakterisasi pengujian beton polimer dengan menggunakan kuat tekan, kuat patah, densitas, *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah kulit udang dan *Polyester* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer.
2. Untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari beton polimer yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui komposisi pencampuran kulit udang dan *Polyester* untuk menghasilkan beton polimer dengan karakteristik fisik dan mekanik yang optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai wujud kontribusi dalam upaya mengurangi limbah makanan laut khususnya limbah kulit udang yang ada di Indonesia.
2. Sebagai salah satu rujuk terkait tentang pemanfaatan kulit udang dan *Polyester* sebagai campuran dalam pembuatan beton polimer.
3. Sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas beton polimer, sehingga dapat mendukung usaha pengadaan bahan bangunan yang berkualitas sesuai dengan SNI dan semakin diminati oleh masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton terdiri atas agregat, semen, dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan praktis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*). (Dharmawan dkk, 2016)

Beton merupakan material utama yang paling sering digunakan dan beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton yaitu, dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, dan biaya pemeliharaan yang kecil. Sedangkan kekurangan dari beton yaitu, bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat, dan daya pantul yang besar.

Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen portland atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun, pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencana tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat (Mulyono, 2003).

Didalam PBI (Peraturan Beton Indonesia) 1971, beton dibagi atas tiga kelas sebagai berikut.

1. Beton kelas 1, yaitu beton untuk pekerjaan-pekerjaan nonstruktural yang pelaksanaan tidak dibutuhkan keahlian khusus dan pengawasan mutu ringan. Mutu beton kelas 1 dinyatakan dengan B_0 . Didalam bangunan, beton kelas 1 ini dipakai untuk lantai kerja, sebagai alas pemasangan besi untuk pembuatan fondasi pelat beton, dan untuk rabut beton.
2. Beton kelas 2, yaitu beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum yang pelaksanaannya dibutuhkan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas 2 ini dibagi dalam mutu-mutu standar, yaitu B_1 , K_{125} , K_{175} , dan K_{225} . Untuk mutu B_1 , pengawasan mutu hanya terbatas pada pengawasan sedang (terhadap mutu bahan-bahan), sedangkan kekuatan tekan tidak disyaratkan diperiksa. Untuk mutu K_{125} , K_{175} , dan K_{225} , pengawasan mutu bahan-bahan harus ketat dan harus ada pemeriksaan kekuatan tekan beton. Didalam bangunan, mutu beton B_1 juga biasa dipakai untuk lantai kerja dan rabat beton. Untuk beton K_{125} untuk bangunan sederhana dengan bangunan *slooff*, *ring* balok, kolom praktis, rumah tinggal bangunan sederhana bertingkat dan tidak bertingkat tetapi besinya lebih banyak atau boros. Mutu beton K_{175} untuk bangunan dengan beban cukup berat seperti rumah tinggal dan tingkat, sekolah bertingkat dan tidak bertingkat. Mutu beton K_{225} untuk bangunan bertingkat dan tidak bertingkat dengan beban yang berat seperti pertokoan dan mall.
3. Beton kelas 3, yaitu beton untuk pekerjaan struktural yang mutunya lebih tinggi dari K_{225} . Pelaksanaannya diperlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Untuk mutu ini disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan lengkap dan dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan secara kontinu (terus-menerus). Di dalam bangunan mutu beton di atas K_{225} dipakai untuk bangunan dengan beban yang sangat berat seperti jalan raya utama, jalan propinsi, jalan tol, jembatan pratekan dengan benteng yang panjang dan jalan layang.

Mutu beton K_{125} , K_{175} , K_{225} , dan seterusnya memiliki arti berikut. Huruf K di depan karakteristik dari beton bersangkutan, sedangkan angka 125, 175, 225, dan seterusnya menyatakan kekuatan tekan beton karakteristik 125 kg/cm^2 , 175 kg/cm^2 , 225 kg/cm^2 , dan seterusnya.

Beton merupakan suatu bahan konstruksi yang sifat kekuatannya khas. Bila diperiksa dengan sejumlah besar benda-benda uji maka nilainya akan menyebar di sekitar suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran hasil pemeriksaan tersebut akan kecil atau besar tergantung tingkat kesempurnaan pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal (mengikuti lengkung dari *Gauss*) maka ukuran besar kecilnya hasil pemeriksaan tersebut merupakan deviasi standar. (Adiyono. 2006)

2.2 Beton Polimer

Beton polimer merupakan beton yang bahan penyusunnya adalah polimer alami (bukan sebagai bahan tambah), bisa menggantikan sepenuhnya atau menggantikan sebagian (termodifikasi). Polimer yang digunakan adalah polimer alami amyllum yang sering disebut pati (Nugroho, 2017), beton dengan polimer adalah beton dengan pemberian polimer sebagai bahan perekat tambahan pada campuran beton, akan dihasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi dan dalam waktu yang lebih singkat. Bahan yang ditambahkan bisa berupa lateks maupun emulsi dari bahan lain (Jumiati, 2009)

Beton polimer (*Polymer Concrete*) adalah material komposit, di mana bindernya terdiri atas suatu polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan binder polimer seperti termoplastik atau disebut *thermosetting* polimer dan mineral fillernya dapat berupa *aggregate*, *gravel* dan *crushed stone*.

Keunggulan beton polimer antara lain, kekuatan tinggi, tahan terhadap kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibandingkan beton portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek

waktu proses fabrikasinya, menghemat biaya operasional. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai pondasi galangan kapal, tangga, *sanytary*, lantai, panel, bangunan komersial, pemipaan, lapisan tahan di jalan raya, dan lain-lain (Marito, 2009).

2.3 Polimer

Polimer merupakan bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik, khususnya dalam industri konstruksi. Polimer sebagai bahan konstruksi bangunan dapat digunakan baik berdiri sendiri, misalnya sebagai perekat, pelapis, cat, dan sebagai glazur maupun bergabung dengan bahan lain membentuk komposit. Untuk aplikasi struktur yang memerlukan kekuatan dan ketegaran, diperlukan perbaikan sifat mekanik polimer agar memenuhi syarat. Untuk kebutuhan tersebut, berkembanglah komposit polimer yang disertai penguat oleh berbagai *filler* di antaranya serat.

Bahan polimer yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit adalah polimer jenis termoset. Pemilihan bahan ini didasarkan bahwa polimer termoset memiliki ketahanan terhadap suhu dan bahan kimia atau pelarut yang disebabkan wujudnya yang cair dan kekentalannya tidak terlalu tinggi sehingga mampu membasahi permukaan serat. Epoksi dan *polyester* merupakan polimer termoset yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit polimer (Ojahan, 2015).

Proses terbentuknya polimer dari monomer berasal dari monomer disebut polimerisasi. Polimerisasi dapat berlangsung dalam fase gas, cair, maupun padat. Semakin besar molekul (berarti berat molekul juga semakin besar) maka bentuk polimer cenderung mengental hingga memadat. Sebagai ilustrasi suatu molekul etana ($\text{CH}_3\text{-CH}_3$) berbentuk fase gas pada suhu kamar. Karena merupakan molekul kecil maka mobilitasnya tinggi artinya mudah bergerak kesana kemari. Kemudian bila jumlah atom C digandakan empat maka akan menjadi senyawa butana ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$) yang berbentuk cairan. Dengan bangunan molekul yang lebih besar maka pergerakan molekulnya menjadi berat atau lambat sehingga cenderung mengental. Selanjutnya bila jumlah atom C adalah 22 maka senyawa akan berbentuk seperti lilin (*wax*) atau parafin.

Polimer seperti halnya produk lain pada umumnya tertentu mengalami interaksi dengan lingkungan di sekitarnya. Hal ini berpotensi terjadinya perubahan fisis dan kimiawi pada polimer. Pengaruh tersebut meliputi:

1. Pengaruh senyawa kimia seperti ketahanan terhadap pelarut dan bahan kimia lain.
2. Pengaruh panas dan suhu tinggi direfleksikan pada titik leleh, serta kemungkinan terjadinya dekomposisi atau degradasi.
3. Pengaruh sinar atau radiasi seperti sinar ultraviolet, yang dapat memutuskan rantai polimer.
4. Potensi kerusakan akibat mikroorganisme.

Hasil produk polimer dalam bentuk resin selanjutnya dikirim ke pabrik *molding* untuk di proses lebih lanjut menjadi produk jadi seperti botol plastik, ember, *casing* televisi, plastik lembaran, pipa pralon, gabus putih, dan sebagainya.

1. *Molding* merupakan pengepresan dengan tekanan untuk kemudian dicetak dengan bentuk sesuai yang dikendaki. Sistem *molding* dapat berupa kompresi, injeksi, dan peniupan.
2. Ekstrusi, hampir mirip dengan *molding* dengan media penekan berbentuk ulir (*screw*).
3. Kalendering, menjadikan produk berupa lembaran tipis dengan ketebalan yang bervariasi.
4. *Spinning*, digunakan pada produk tekstil. Terdapat tiga tipe *spinning* yaitu *spinning* kering, basah, dan lelehan.
5. *Dip coating*, merupakan proses pelapisan dengan bahan polimer agar lebih tahan terhadap karat.
6. *Termoforming* kombinasi dengan pembentukan vakum (*vacuum forming*). (Rochmadi, 2018)

2.4 *Unsaturated Polyester Resin*

Unsaturated Polyester Resin (UPR) merupakan sebuah makromolekul dengan adanya gugus *Polyester* dan tergolong kategori resin termoset dimana resin ini merupakan produk dari reaksi tahap demi tahap (*step-growth*) antara asam jenuh seperti asam phtalat atau isophtalat dengan asam tidak jenuh seperti

asam maleat atau fumarat yang dikondensasikan dengan alkohol. Resin polyester berupa resin cair dengan viskositas yang cukup rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya.

Dalam industri komposit, pemakaian *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) memiliki angka yang cukup besar, yaitu 75% dari total resin yang digunakan. Penambahan polimer pada beton dapat mempercepat waktu pengerasan (*setting time*) dan menutup rongga-rongga pada beton sehingga memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap kelembaban tinggi. Selain itu penambahan polimer pada beton juga dapat digunakan pada lantai sehingga memiliki sifat anti korosif. Penambahan resin *Polyester* juga bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan mengurangi rongga-rongga pada beton (Haryanto, 2018)

2.5 Kulit Udang

Limbah padat *Crustacea* (kulit, kepala, kaki) merupakan salah satu masalah yang harus dihadapi oleh pabrik pengolahan *Crustacea*. Selama ini limbah tersebut dikeringkan dan dimanfaatkan sebagai pakan dan pupuk dengan nilai ekonomi yang rendah. Seiring dengan semakin majunya ilmu pengetahuan kini limbah udang dapat dijadikan bahan untuk membuat kitin dan kitosan (Nendes, 2011).

Allah berfirman dalam surah Al-Baqarah ayat 11 yaitu:

وَلَا يَأْكُلُ الْفُلُ مِنْ عَمَلِهِمْ نَارًا ۚ وَالَّذِينَ لَا يَرْجُوا يَوْمَ الْحِسَابِ
 وَالَّذِينَ لَا يَرْجُوا يَوْمَ الْحِسَابِ
 وَالَّذِينَ لَا يَرْجُوا يَوْمَ الْحِسَابِ

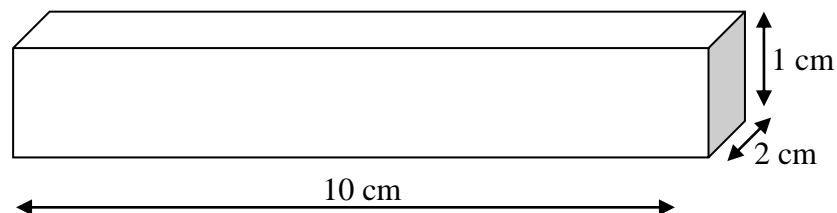
Artinya: Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi. mereka menjawab: "Sesungguhnya Kami orang-orang yang Mengadakan perbaikan."

Cangkang kepala udang mengandung 20 – 30% senyawa kitin, 21% protein dan 40–50% mineral. Kitin merupakan polisakarida terbesar kedua setelah selulosa yang mempunyai rumus kimia poli(2-asetamida-2-dioksi-β-D-Glukosa) dengan ikatan β-glikosidik (1,4) yang menghubungkan antar unit ulangnya.

Struktur kimia kitin mirip dengan selulosa, hanya dibedakan oleh gugus yang terikat pada atom C₂. Jika pada selulosa gugus yang terikat pada atom C₂ adalah OH, maka pada kitin yang terikat adalah gugus asetamida. Kitin tidak mudah larut dalam air, sehingga penggunaannya terbatas. Namun dengan modifikasi kimiawi dapat diperoleh senyawa turunan kitin yang mempunyai sifat kimia yang lebih baik. Salah satu turunan kitin adalah kitosan. Kitosan merupakan senyawa dengan rumus kimia poli(2-amino-2-dioksi-β-D-Glukosa) yang dapat dihasilkan dengan proses hidrolisis kitin menggunakan basa kuat. Saat ini terdapat lebih dari 200 aplikasi dari kitin dan kitosan serta turunannya di industri makanan, pemrosesan makanan, bioteknologi, pertanian, farmasi, kesehatan, dan lingkungan (Hargono, 2008).

2.6 Karakteristik Beton Polimer

Adapun karakteristik beton yang telah diuji meliputi, kuat tekan, kuat patah, densitas, dan analisa mikrostruktur dengan menggunakan metode *scanning Electron Microscopy* (SEM).



Gambar 2.1 Beton Ukuran 10 cm x 2 cm x 1 cm

2.6.1 Pengujian Kuat Tekan

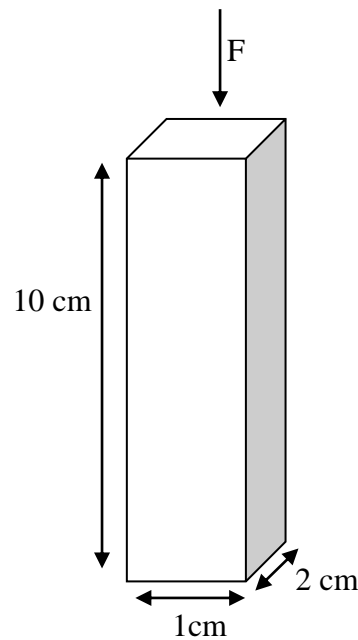
Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengujian kuat tekan beton berpedoman pada SNI 03 – 1974 – 1990. Besarnya nilai kuat tekan sampel beton semen polimer dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Jumiati, 2009)

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Di mana:

P = Gaya penekan (Kgf)

A = Luas penampang yang terkena gaya penekanan (cm^2)



Gambar 2.2 Ilustrasi kuat Tekan

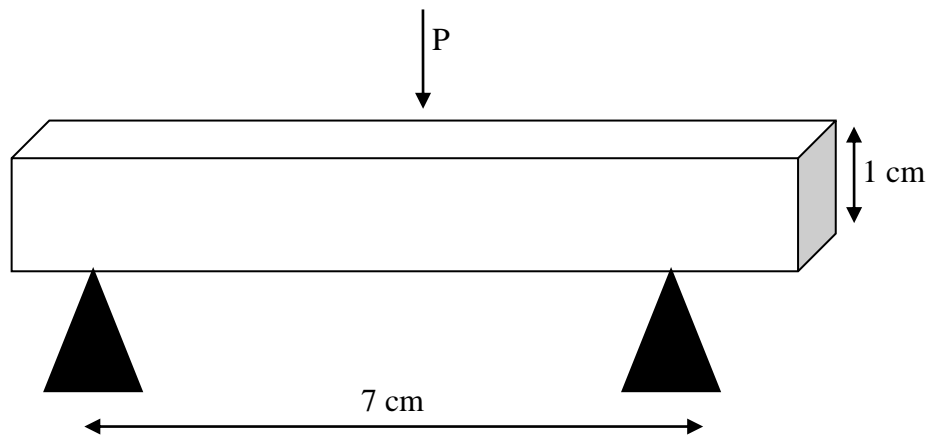
2.6.2 Kuat Patah

Pengukuran Kuat Patah (*flexural strength*) yang menyatakan ukuran ketahanan material terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas. Pengujian kuat patah ini berpedoman pada SNI 03 – 2823 – 1992. Besarnya nilai kuat patah sample beton semen polimer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut: (Jumiati, 2009)

$$\text{Kuat patah} = \frac{3 \times P \times l}{2 \times b \times h^2} \quad (2.2)$$

Di mana:

- P = Gaya Penekan (kgf)
- l = Panjang span (cm)
- b = Lebar penampang (cm)
- h = Tinggi penampang (cm)



Gambar 2.3 Ilustrasi Kuat patah

2.6.3 Densitas

Untuk pengukuran densitas beton semen polimer menggunakan metode Archimedes, besarnya nilai densitas beton semen polimer dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3)$$

Di mana:

ρ = Massa jenis beton (g/cm^3)

m = Massa beton (g)

v = Volume beton (cm^3)

2.6.4 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis mikrostruktur sampel beton polimer dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Di mana *Scanning Electron Microscope* adalah untuk melihat bentuk dan ukuran partikel penyusun.

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan mikrograf material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa (Jumiati, 2009).

2.7 Penelitian yang Relevan

Penelitian terdahulu menyebutkan (Mifshella,2015) Bahwa penggunaan limbah kulit udang sebagai bahan pengganti sebagian semen telah menghasilkan kuat tekan beton untuk beton normal sebesar 40,056 MPa, untuk kadar serbuk kulit udang optimum sebesar 6% dari berat semen yang dibutuhkan.

Menurut penelitian terdahulu (Nopriantina, 2013) Resin poliester tak jenuh atau sering disebut poliester merupakan matrik dari komposit. Resin ini termasuk juga dalam resin termoset. Pada polimer termoset resin cair diubah menjadi padatan yang keras dan getas yang terbentuk oleh ikatan silang kimiawi yang membentuk rantai polimer yang sangat kuat. Resin termoset tidak mencair karena pemanasan.

2.10 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah kulit udang *Polyester* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer dengan karakteristik yang baik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Fakultas Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara dan Laboratorium Fisika Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September sampai November 2019.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk pembuatan sampel beton polimer antara lain:

1. Pasir Silika
2. Kulit udang
3. *Polyester*

3.2.2 Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan penelitian antara lain:

1. Oven pemanas
2. Timbangan digital
3. Hotpress
4. Ayakan screen 100 mesh
5. Cetakan beton
6. Wadah pencampuran (ember)
7. Alat pengaduk
8. Blender
9. Jangka sorong

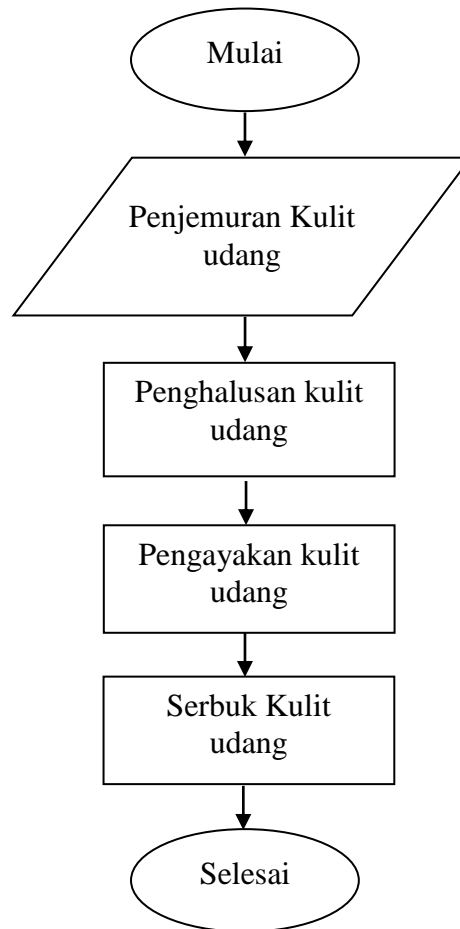
10. Tensilon

11. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Pembuatan Serbuk Kulit Udang

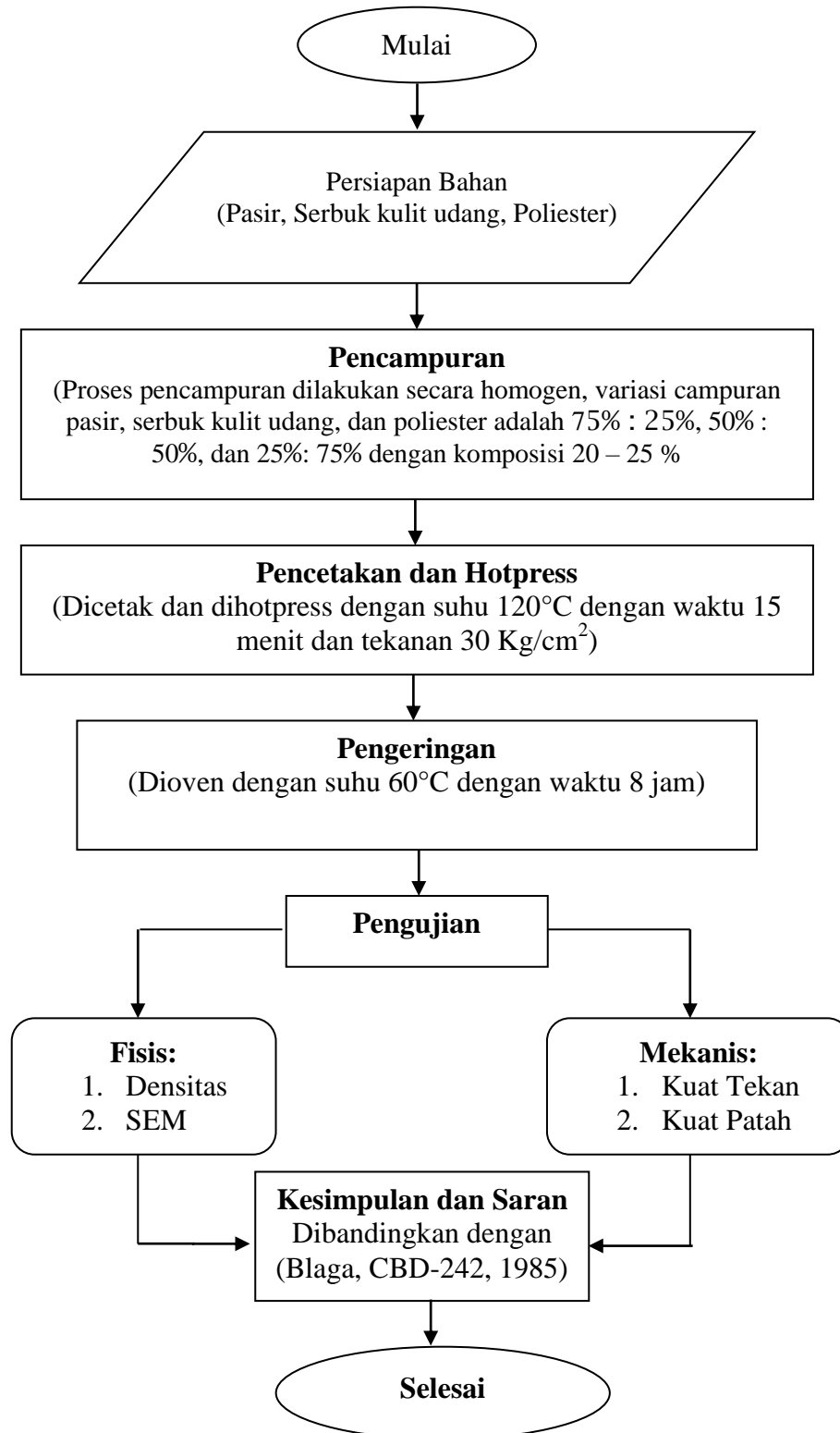
Diagram alir pembuatan serbuk kulit udang sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram pembuatan serbuk kulit udang

3.3.2 Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Beton Polimer

Diagram alir pembuatan dan Pengujian beton Polimer sebagai berikut



Gambar 3.2 Diagram Tahap Pembuatan dan Pengujian Beton Polimer

3.3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian beton polimer, yaitu:

1. Perbandingan antara pasir dan kulit udang 75% : 25%, 50% : 50%, dan 25% : 75%.
2. Variasi penambahan *Polyester* 20% dan 25% dari total massa agregat.

Parameter pengujian yang dilakukan, meliputi kuat tekan, kuat patah, densitas, dan analisis mikrostruktur dengan perangkat *Scanning Electron Microscope* (SEM).

3.3.4 Preparasi Sampel Beton

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan beton terdiri atas pasir silika, kulit udang, dan *Polyester*. Untuk menentukan komposisi bahan baku mengacu pada proporsi beton konvensional, seperti untuk campuran agregat di dalam beton, yaitu sekitar 70 – 80% massa total atau perbandingan matriks terhadap agregat (M/A) = 1 : 4. Jadi mudah untuk memudahkan dalam proses pencampuran maka semua komposisi bahan baku ditentukan dalam persentase massa.

Proses pengeringan dilakukan tidak pada kondisi *room temperature* atau pengeringan konvensional tetapi pada kondisi suhu dan waktu tertentu yang telah dikondisikan. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan agar untuk mempercepat proses pengeringan dan menghemat biaya. Selain itu, agar selama proses pengeringan beton tidak mengalami *shock hydration* yang mengakibatkan muncul retak-retak di permukaan atau di dalam beton, maka ditetapkan waktu pengeringan selama 8 jam pada temperatur 60 °C. Penentuan waktu pengeringan mengacu pada referensi, yaitu *epoxy polimer* sebagai binder membutuhkan waktu *curing* selama 8 jam pada suhu 60 °C. Pada penelitian ini matriks yang digunakan *Polyester*, sedangkan agregat terdiri dari pasir dan serbuk kulit udang.

Data lengkap dari masing-masing komposisi bahan baku dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Komposisi bahan baku pembuatan beton dengan 20% (massa)*polyester*

Kode sampel	Massa Pasir Silika %	Massa Serbuk Kulit Udang %	Massa <i>Polyester</i> %
A1	75	25	20
A2	50	50	20
A3	25	75	20

Tabel 3.2 Komposisi bahan baku pembuatan beton dengan 25% (massa) *polyester*

Kode sampel	Massa Pasir Silika %	Massa Serbuk Kulit Udang %	Massa <i>Polyester</i> %
B1	75	25	25
B2	50	50	25
B3	25	75	25

Preparasi pembuatan sampel beton secara rinci diperlihatkan diagram alir pada Gambar 3.2. untuk pembuatan beton, masing-masing bahan baku ditakar sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Setelah ditakar bahan baku tersebut dicampur dalam suatu wadah dan diaduk hingga merata dengan menggunakan sendok semen.

Selanjutnya adonan atau pasta yang dihasilkan dituangkan dalam cetakan yang berupa balok dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 2 cm, dan tinggi 1 cm. Kemudian adonan dicetak dan dikeringkan untuk proses pengerasan dengan waktu yang telah ditetapkan selama 8 jam pada suhu 60 °C.

Setelah benda uji mengalami proses pengerasan, kemudian dilakukan pengujian yang meliputi kuat tekan, kuat patah, densitas, dan analisis mikrostruktur dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

3.4 Metode Karakterisasi

Metode karakterisasi dilakukan dalam penelitian ini meliputi, kuat tekan, Kuat patah, densitas, dan analisis mikrostruktur dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

3.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji beton
2. Mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji kuat tekan yaitu Tensilon.
4. Menyalakan tombol power kemudian mengamati data didalam komputer, sambil memberikan beban tekan (F) dari atas perlahan demi perlahan sampai beton tersebut hancur.
5. Dan besarnya nilai beban tekan maksimum terbaca di dalam komputer.



Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan

3.4.2 Pengujian Kuat Patah

Pengujian kuat patah dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji beton

2. Mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat patahnya.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji kuat patah yaitu Tensilon.
4. Menyalakan tombol power kemudian mengamati data didalam komputer, sambil memberikan beban tekan (F) dari atas perlahan demi perlahan sampai beton tersebut hancur.
5. Dan besarnya nilai beban tekan maksimum terbaca di dalam komputer.



Gambar 3.4 Pengujian Kuat patah

3.3.4 Densitas

Pengujian densitas dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji.
2. Menimbang massa benda uji.
3. Mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi dari masing-masing variasi benda uji.
4. Menghitung nilai densitas masing-masing benda

3.3.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Bentuk dan ukuran partikel penyusun secara mikroskopik dari beton dapat diidentifikasi berdasarkan *micrograph* data yang diperoleh dari pengamatan

menggunakan perangkat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Sampel diletakkan di dalam cawan, kemudian sampel tersebut dilapisi emas.
2. Sampel disinari dengan pancaran elektron bertenaga kurang lebih 20 kV sehingga sample memancarkan elektron turunan (*secondary electron*) dan elektron terpantul (*back scattered electron*) yang dapat dideteksi dengan *detector scintillator* yang diperkuat sehingga timbul gambar pada layar CRT.
3. Pemotretan dilakukan setelah pengaturan (*setting*) pada bagian tertentu dari objek dan perbesaran yang diinginkan sehingga diperoleh foto yang mewakili untuk dapat diidentifikasi.



Gambar 3.5 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beton yang telah dibuat dari campuran serbuk kulit udang, pasir, dan resin polyester, yang kemudian dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60°C. Karakteristik beton ternyata sangat ditentukan oleh komposisi bahan baku penyusun, yaitu perbandingan antara pasir silika : serbuk kulit udang : resin polyester. Adapun karakterisasi beton tersebut, antara lain densitas, kuat tekan, kuat patah, dan analisa mikrostruktur dengan menggunakan SEM.

4.1 Karakterisasi Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, kuat patah, densitas, dan *Scanning Electron microscopy (SEM)*, data yang dihasilkan sebagai berikut:

4.1.1 Pengujian Kuat Tekan

Hasil kuat tekan beton yang berbasis campuran serbuk kulit udang, pasir, dan resin epoksi, setelah dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60°C. Pengujian kuat tekan tersebut dilakukan dengan alat Tensilon.

Pada table 4.1 dan 4.2 diperlihatkan kuat tekan dari beton yang di buat dengan variasi komposisi 25, 50, dan 75% (massa) serbuk kulit udang dan penambahan resin polyester 20 dan 25% (massa) dari total agregat serta dikeringkan selama 8 jam 60°C.

Table 4.1 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposisi 20% (Massa)*Polyester*

Variasi Campuran Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)	Blaga, CBD 242.1985 (MPa)
75	25	62,239	57,92	50
		54,332		
		57,125		
50	50	43,721	48,20	
		51,457		
		49,423		
25	75	42,337	40,57	
		38,501		
		40,884		

Table 4.2 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposisi 25% (Massa)*Polyester*

Variasi Campuran Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)	Blaga, CBD 242.1985 (MPa)
75	25	59,443	61,16	50
		58,864		
		65.187		
50	50	55,890	51,95	
		49,325		
		50,659		
25	75	48,686	44,15	
		39,876		
		43,908		

Dari tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada komposisi 20 – 25% dengan variasi campuran 75:25%, 50:50%, dan 25 : 75% yang sesuai penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242, 1985) adalah pada komposisi 20% variasi campuran 75:25% dan pada komposisi 25% variasi campuran 75:25% dan 50:50%.

4.1.2 Pengujian Kuat Patah

Hasil kuat patah beton yang berbasis campuran pasir, serbuk kulit udang, dan resin epoksi, setelah dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60°C. Pengujian kuat tekan tersebut dilakukan dengan alat Tensilon.

Pada table 4.3 diperlihatkan kuat patah dari beton yang di buat dengan variasi komposisi 25 - 75% (massa) serbuk kulit udang dan penambahan resin polyester 20 dan 25% (massa) dari total agregat serta dikeringkan selama 8 jam 60°C.

Table 4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Patah Komposisi 20% (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)	Kuat Patah (MPa)	Rata-rata (MPa)	Blaga, CBD 242.1985 (MPa)
25	75	17,246	16,94	15
		16,834		
		16,744		
50	50	16,932	16,92	
		17,146		
		16,696		
75	25	15,654	14,78	
		14,892		
		13,812		

Table 4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Patah Komposisi 25% (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran		Kuat Patah (MPa)	Rata-rata (MPa)	Blaga, CBD 242.1985 (MPa)
Pasir (%)	Serbuk kulit udang (%)			
25	75	18,433	17,98	
		17,988		
		17,529		
50	50	17,388	17,57	
		17,560		
		17,783		
75	25	15,135	14,96	
		15,016		
		14,751		

Dari tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada komposisi 20 – 25% dengan variasi campuran 75:25%, 50:50%, dan 25:75% yang sesuai penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242, 1985) adalah pada komposisi 20% variasi campuran 75:25%, 50:50% dan pada komposisi 25% variasi campuran 75:25% dan 50:50%.

4.1.3 Densitas

Hasil kuat patah beton yang berbasis campuran serbuk kulit udang, pasir, dan resin epoksi, setelah dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60°C.

Pada tabel 4.3 diperlihatkan densitas dari beton yang di buat dengan variasi komposisi 25 - 75% (massa) serbuk kulit udang dan penambahan resin polyester 20 dan 25% (massa) dari total agregat serta dikeringkan selama 8 jam 60°C.

Table 4.5 Data Hasil Pengujian Densitas Komposisi 20% (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)	Densitas (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)	Blaga, CBD-242. 1985 (kg/m ³)
75	25	2.662,96	2.206,44	2000
		2.489,49		
		1.468,38		
50	50	2.672,55	2075,82	
		1.828,60		
		1.726,31		
25	75	1.613,02	1532,90	
		1.338,39		
		1.647,44		

Table 4.6 Data Hasil Pengujian Densitas Komposisi 25% (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)	Densitas (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)	Blaga, CBD-242. 1985 (kg/m ³)
75	25	2.974,26	2.712,13	2000
		2.831,87		
		2.330,28		
50	50	2.592,81	2.092,43	
		1.748,68		
		1.935,81		
25	75	1.725	1.969,68	
		1.993,38		
		2.190,68		

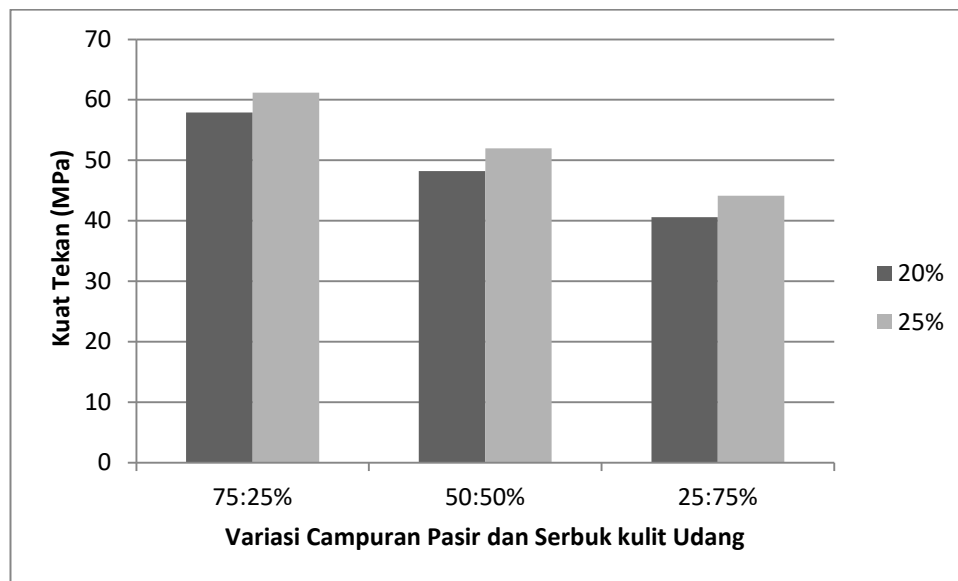
Dari tabel 4.5 dan 4.6 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada komposisi 20 – 25% dengan variasi campuran 75:25% , 50:50%, dan 25 : 75% yang sesuai penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242, 1985) adalah pada komposisi 20% variasi campuran 75:25% dan 50:50% pada komposisi 25% variasi campuran 75:25% dan 50:50% .

4.2 Pembahasan

Pembahasan penelitian sampel beton polimer dengan campuran kulit udang dan *Polyester* didapat berdasarkan data hasil penelitian dari pengujian kuat tekan, kuat patah, densitas dan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

4.2.1 Kuat Tekan

Berikut ini adalah grafik pengujian denistas terhadap komposisi serbuk kulit udang dan *Polyester*:



Gambar 4.1. Grafik Pengujian Kuat Tekan Terhadap Komposisi *Polyester*

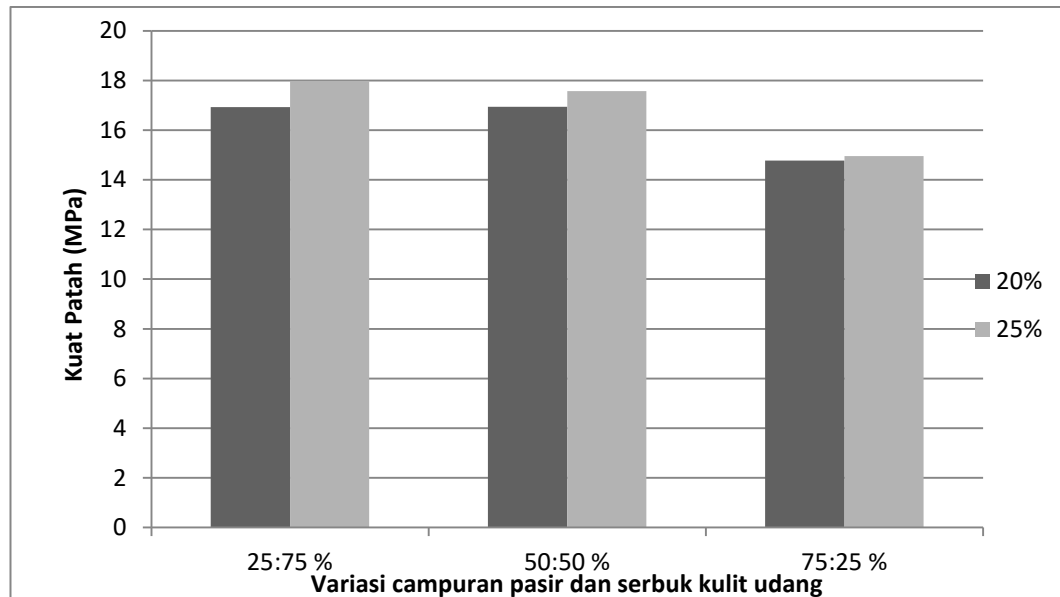
Berdasarkan kuat tekan terlihat bahwa *polyester* 20 dan 25% (massa) dengan kondisi pengeringan 8 jam dengan suhu 60°C dan variasi serbuk kulit udang sekitar 25 – 75% (massa) nilai kuat tekan yang dihasilkan berkisar 40,57 – 61,16 Mpa.

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan pasir dan serbuk kulit udang pada perbandingan 75:25% pada komposisi 20% dan perbandingan 75:25% dan 50:50% pada komposisi 25% yang sesuai dengan penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242. 1985).

Menurut referensi (Marito,2009) kuat tekan untuk beton semen *portlandnormal* adalah antara 20 – 40 MPa. Untuk *poymer concrete* dengan menggunakan resin *Polyester* pada interval 12 – 14% mempunyai kuat tekan sekitar 60 – 70 MPa. Nilai kuat tekan *portland cemen concrete* adaah 35 MPa.

Sedangkan pada beton polimer dengan binder *polymethylmethacrylate* minimal mempunyai kuat tekannya sebesar 118, MPa.

4.2.2 Kuat Patah



Gambar 4.2. Grafik Pengujian Kuat Patah Terhadap Komposisi *Polyester*

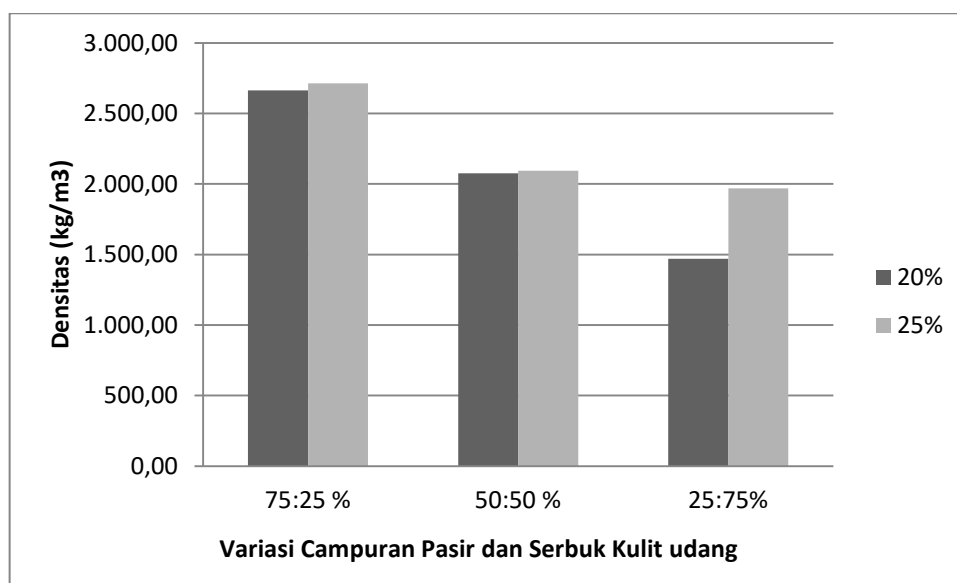
Berdasarkan kuat patah terlihat bahwa *polyester* 20 dan 25% (massa) dengan kondisi pengeringan 8 jam dengan suhu 60°C dan variasi serbuk kulit udang sekitar 25 – 75% (massa) nilai kuat tekan yang dihasilkan berkisar 14,78 – 17,57 MPa.

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan pasir dan serbuk kulit udang pada perbandingan 75:25% dan 50:50% pada komposisi 20% dan perbandingan 75:25% dan 50:50% pada komposisi 25% yang sesuai dengan penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242. 1985).

Menurut referensi (Hidayah, 2013) pada table 2.1. Karakterisasi Polymer Concrete (PC) dan Konvensional Beton (Blaga, CBD-242, 1985) memperlihatkan jenis pengikat *Polyester* pada densitas 2,0 – 2,4 kg/dm³, pada kuat tekan 50 – 150 MPa, dan pada Kuat lentur 15 – 45 Mpa.

Menurut referensi (Jumiati,2009) Nilai kuat patah dari beton *Portland* pada umumnya adalah berkisar antara: 3 – 4 MPa, nilai *flexural strength* dari *foam concrete* dengan densitas sekitar 1 g/cm³ adalah 0,70 MPa dan untuk densitas 1,8 g/cm³ adalah 1,85 MPa. Sedangkan berdasarkan literatur lain kuat patah dari beton ringan berpori yang dikeringkan secara alami adalah sekitar 0,59 MPa. Kekuatan patah dari beton dengan penggunaan *paper sludge* sebanyak 15 % dan dikeringkan 28 hari adalah sebesar 2,64 MPa dapat digunakan sebagai pengganti beton struktural.

4.2.3 Densitas



Gambar 4.3. Grafik Pengujian Densitas Terhadap Komposisi *Polyester*

Berdasarkan kuat tekan terlihat bahwa *polyester* 20 dan 25% (massa) dengan kondisi pengeringan 8 jam dengan suhu 60°C dan variasi serbuk kulit udang sekitar 25 – 75% (massa) nilai kuat tekan yang dihasilkan berkisar 1.468,38 – 2.712,13 kg/m³

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan pasir dan serbuk kulit udang pada perbandingan 75:25% dan 50:50% pada komposisi 20% dan perbandingan 75:25% dan 50:50% pada komposisi 25% yang sesuai dengan penelitian terdahulu (Blaga, CBD-242. 1985).

Menurut referensi (Hidayah, 2013) pada table 2.1. Karakterisasi Polymer Concrete (PC) dan Konvensional Beton (Blaga, CBD-242, 1985) memperlihatkan jenis pengikat *Polyester* pada densitas $2,0 - 2,4 \text{ kg/dm}^3$, pada kuat tekan $50 - 150 \text{ MPa}$, dan pada Kuat lentur $15 - 45 \text{ Mpa}$.

Berdasarkan referensi (Jumiati, 2009) klasifikasi beton dapat dibagi berdasarkan nilai densitas, antara lain: beton ringan dengan densitas $< 1,5 \text{ g/cm}^3$, medium dengan densitas $1,75 - 2,01 \text{ g/cm}^3$, dan beton normal dengan densitas $> 2,016 \text{ g/cm}^3$. Nilai densitas beton semen *Portland* berkisar antara $2240 - 2400 \text{ kg/cm}^3$. Penggunaan atau aplikasi beton ringan dengan berat jenis $240 - 800 \text{ kg/cm}^3$ dapat diaplikasikan sebagai dinding pemisah atau dinding isolasi, sedangkan untuk berat jenis $800 - 1400 \text{ kg/cm}^3$ dapat digunakan sebagai dinding pemikul beban, dan berat jenis $1400 - 1800 \text{ kg/cm}^3$ dapat digunakan sebagai beton normal struktur. Sebenarnya kualifikasi dari jenis beton ringan struktur adalah memiliki densitas dalam rentang $1,44 - 1,84 \text{ kg/cm}^3$, dan beton berpori yang diklasifikasikan sebagai beton ringan adalah yang memiliki densitas $< 1 \text{ g/cm}^3$.

4.2.4 Scanning Electron Microscope (SEM)

Pada Gambar 4.7 ditunjukkan foto SEM dari beton dengan komposisi 75:25% (massa) pasir dan serbuk kulit udang dengan dikeringkan selama 8 jam dengan suhu 60°C .



Gambar 4.4 foto SEM dari beton yang dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60°C dengan komposisi 25 % (massa) *Polyester* dan 75:25 % (massa) pasir dan serbuk kulit udang

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa pada beton polimer yang putih adalah pasir, yang berserabut adalah serbuk kulit udang, yang panjang seperti kayu adalah *Polyester* yang kering. Diakibatkan tidak homogennya pasir, serbuk kulit udang dan *Polyester*.

Menurut referensi (Marito,2009), menyatakan bahwa beton yang dikeringkan secara alami mempunyai permukaan yang lebih kasar dan ukuran pori lebih besar, jumlah lebih sedikit dan terdistribusi tidak merata. Adanya cacat dan relatif lebih padat, maka cenderung memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pembuatan beton polimer dengan berbasis pasir, serbuk kulit udang, dan *Polyester* sebagai berikut:

1. Kulit udang dan *polyester* dengan variasi komposisi pencampuran tertentu dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton polimer dengan karakteristik yang baik.
2. Kuat Tekan beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 57,92 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 48,20 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 40,57 MPa. Kuat tekan pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 61,16 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 51,95 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 44,15 MPa. Kuat patah beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 16,94 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 16,92 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 14,78 MPa. Kuat patah pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 17,98 MPa, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 17,57 MPa, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 14,96 MPa. Densitas beton polimer pada komposisi 20% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 2.662,96 kg/m³, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 2.075,82 kg/m³, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 1.532,90 kg/m³. Densitas pada komposisi 25% *polyester* terdapat pada variasi pencampuran 75:25% dengan nilai 2.712,13, pada variasi pencampuran 50:50% dengan nilai 2.092,43 kg/m³, dan pada variasi pencampuran 25:50% dengan nilai 1.969,68 kg/m³.
3. Kuat tekan beton polimer yang di hasilkan memberikan nilai terbaiknya di komposisi 25 % dengan pencampuran variasi 75:25 % dengan nilai sebesar

61,16 MPa. Nilai kuat patah menghasilkan nilai terbaik di komposisi 25% dengan pencampuran variasi 75:25 % dengan nilai sebesar 17,98 MPa. Dan untuk karakteristik fisis yang menggunakan densitas dapat menghasilkan nilai terbaik di komposisi 25% dengan pencampuran variasi 75:15 % dengan nilai sebesar 2.712,13 kg/m³. Dan untuk pengujian SEM di dapat hasil foto yang menunjukkan bahwa pasir, serbuk kulit udang dan *polyester* yang mampu mengikat dengan baik.

5.2 Saran

Untuk mengoptimalkan penelitian beton polimer ini disarankan untuk melakukan:

1. Untuk lebih memperhatikan variasi komposisi, proses pembuatan sampel dan alat pengujian.
2. Disarankan agar melakukan penelitian dengan karakteristik yang lain seperti: daya serap air, kuat regangan, porositas, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyono.2006. *Menghitung Konstruksi Beton untuk Pengembangan Rumah Bertingkat dan Tidak Bertingkat*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Dharmawan, W. I., O. Devi, S. Mariana. 2016. *Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Mechine Terhadap Beton Pasca Bakar*. Prodi Teknik Fakultas Teknik Universitas Malahayati Bandar Lampung, Jurnal, Volume 22, No. 1, Juli 2016.
- Hargono, Abdullah, dkk. 2008. *Pembuatan Kitosan dan Limbah Cangkang Udang Serta Aplikasinya dalam Mereduksi Kolesterol Lemak Kambing*. Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang, Reaktor, Vol 12 No. 1, Juni 2008
- Haryanto, D. 2018. *Pemanfaatan Limbah Senyawa Lateks Karet Alam Pada Beton Polimer dengan Pengisi Serbuk Cangkang Telur Ayam dengan Polyester*.Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik universitas Sumatera Utara, Skripsi, Medan.
- Jatmika, L, P. 2017. *Pengaruh Persentasi Serat Sabut Kelapa dan Resin terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Beton Ringan*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas Kampus Unand Padang, Jurnal Fisika Unand Vol. 6, No. 4, Oktober 2017.
- Jumiati, E. 2009.*Pembuatan Beton Semen Polimer Berbasis Sampah Rumah Tangga dan Karakteristiknya*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Tesis, Medan.
- Marito, S. S. 2009. *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksin Terhadap Karakteristik Beton Polimer*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Tesis, Medan

- Mifshella, A. A., Olivia M., dkk. 2015. *Sifat Mekanis Beton Kulit Kerang (Anadara Grundis)*. Fakultas Teknik Universitas Riau. Jurnal JOMFTEKNIK volume 2. No. 1 Februari 2015
- Mulyono Tri. Ir. 2003. *Teknologi Beton Edisi Kedua*. ANDI. Yogyakarta
- Nendes, M. 2011. *Kemampuan Kitosan Limbah Cangkang Udang Sebagai Resin Pengikat Logam Tembaga (Cu)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang
- Ojahan, R. T. dan Aditia, A. M. S. 2015. *Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM*. Program Studi Mesin Fakultas Teknik Universitas Malahayati, Jurnal *Mechanical*, Volume 6, Nomor 1, Maret 2015.
- Rismayasari, Y. 2012. *Pembuatan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan karakterisasinya*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Skripsi, Surakarta.
- Rochmadi.dan Permono A. 2018. *Mengenal Polimer dan Polimerisasi*.Gajah Mada University Press.Yogyakarta.

LAMPIRAN 1

DATA PENGUJIAN DENSITAS

Data Pengujian Densitas Komposisi 20 % (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran		Massa Benda uji (Kg)	Volume (m ³)
Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)		
75	25	0,04314	0,0000162
		0,03912	0,000015714
		0,01997	0,0000136
50	50	0,02873	0,00000951
		0,01739	0,00000951
		0,02132	0,00001235
25	75	0,01734	0,00001075
		0,013213	0,00000987
		0,01771	0,00001075

Data Pengujian Densitas Komposisi 25 % (Massa) *Polyester*

Variasi Campuran		Massa Benda uji (Kg)	Volume (m ³)
Pasir (%)	Serbuk Kulit Udang (%)		
75	25	0,04045	0,0000136
		0,03891	0,00001374
		0,02801	0,00001202
50	50	0,02961	0,0000136
		0,01663	0,00001374
		0,02081	0,00001202
25	75	0,02346	0,0000136
		0,02711	0,0000136
		0,03010	0,00001374

Hasil pengujian denitas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3) dengan perhitungan denitas dari data lampiran 1 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Untuk variasi campuran pasir 75 %serbuk kulit udang 25%, dan *polyeter* 20%

1. Massa benda uji (m) = 0,04314kg
Volume benda uji (v) = p x l x t

$$= 0,1 \times 0,018 \times 0,009$$

$$= 0,0000162 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,04314}{0,0000162}$$

$$= 2.662,96 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,03912 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\ &= 0,097 \times 0,018 \times 0,009 \\ &= 0,000015714 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,03912}{0,000015714}$$

$$= 2.489,49 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,01997 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\ &= 0,1 \times 0,017 \times 0,008 \\ &= 0,0000136 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,01997}{0,0000136}$$

$$= 1.468,38 \text{ kg/m}^3$$

Untuk variasi campuran pasir 50%, serbuk kulit udang 50%, dan *polyeter* 20%

$$\begin{aligned} 1. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02873 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \end{aligned}$$

$$= 0,097 \times 0,014 \times 0,007$$

$$= 0,00000951 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,02873}{0,00000951}$$

$$= 2.672,55 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02132 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\ &= 0,098 \times 0,018 \times 0,009 \\ &= 0,00001235 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,02132}{0,00001235}$$

$$= 1.726,31 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,018845 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\ &= 0,097 \times 0,017 \times 0,008 \\ &= 0,00001319 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,018845}{0,00001319}$$

$$= 1.428,73 \text{ kg/m}^3$$

Untuk variasi campuran pasir 25%, serbuk kulit udang 75%, dan *polyeter* 20%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,01734 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,1 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,00001075 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,01734}{0,00001075} \\
 &= 1.613,02 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,01321 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,094 \times 0,015 \times 0,007 \\
 &= 0,00000987 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,01321}{0,00000987} \\
 &= 1.338,39 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,01771 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,096 \times 0,016 \times 0,007 \\
 &= 0,00001075 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,01771}{0,00001075} \\
 &= 1.647,44 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran pasir 75%, serbuk kulit udang 25%, dan *polyeter* 25%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,04045 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,1 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,0000136 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,04045}{0,0000136} \\
 &= 2.974,26 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,03891 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,101 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,00001374 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,03891}{0,00001374} \\
 &= 2.831,87 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02801 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,101 \times 0,017 \times 0,007 \\
 &= 0,00001202 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,02801}{0,00001202} \\
 &= 2.330,28 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran pasir 50%, serbuk kulit udang 50%, dan *polyeter* 25%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,02961 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,96 \times 0,017 \times 0,007 \\
 &= 0,00001142 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,02961}{0,00001142} \\
 &= 2.592,81 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,01663 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,097 \times 0,014 \times 0,007 \\
 &= 0,00000951 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,01663}{0,00000951} \\
 &= 1.748,68 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02081 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,096 \times 0,016 \times 0,007 \\
 &= 0,00001075 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,02081}{0,00001075} \\
 &= 1.935,81 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran pasir 25%, serbuk kulit udang 75%, dan *polyeter* 20%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,02346 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,1 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,0000136 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,02346}{0,0000136} \\
 &= 1.725 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02711 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,1 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,0000136 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,02711}{0,0000136} \\
 &= 1.993,38 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,03010 \text{ kg} \\
 \text{Volume benda uji (v)} &= p \times l \times t \\
 &= 0,101 \times 0,017 \times 0,008 \\
 &= 0,00001374 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{v} \\
 &= \frac{0,03010}{0,00001374} \\
 &= 2.190,68 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2

BAHAN DAN ALAT PENELITIAN

Bahan

Serbuk Kulit udang



Polyester



Alat

Hotpress



Cetakan



Neraca



Tensilon

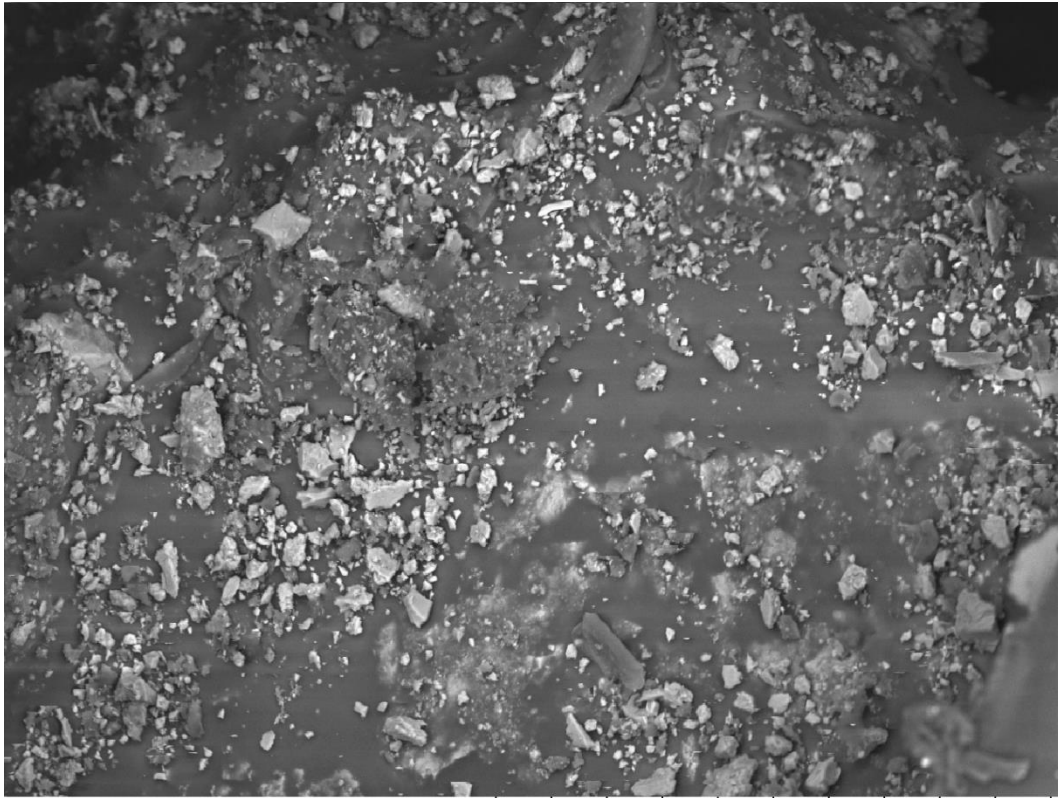


SEM (*Scanning electron Microscopy*)



LAMPIRAN 3***Foto Scanning electron Microscopy***

- Perbesaran 500



USU

HL D6,9 x500 200 um

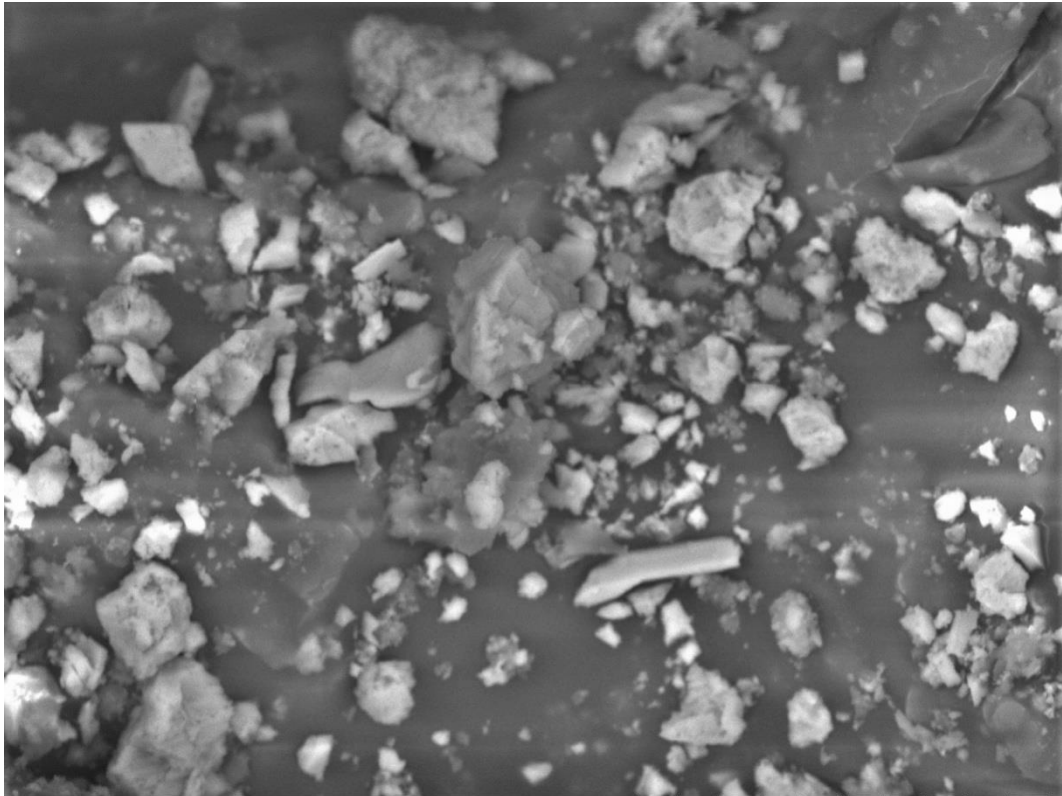
- Perbesaran 1000



USU

NL D7,0 x1,0k 100 um

- Perbesaran 2.500



USU

NL D6,9 x2,5k 30 um

Lampiran 4

(Blaga, CBD-242,1985)

Tabel Karakterisasi Polymer Concrete (PC) dan Konvensional Beton

(Blaga, CBD-242, 1985)

Jenis pengikat	Densitas Kg/dm ³	Dava serap air %	Kuat tekan MPa	Kuat regangan MPa	Kuat lentur MPa	Modulus of elasticity GPa	Poisson Ratio	Koefisien ekspansi termal 10 ⁶ C ⁻¹
Poly (methylemethacrylate)	2.0-2.4	0.05- 0.6	70- 210	9-11	30-35	35-40	0.22- 0.33	10-19
Polyester	2.0-2.4	0.30- 1.0	50- 150	8-25	15-45	20-40	0.16- 0.30	10-30
Epoxy	2.0-2.4	0.02- 1.0	50- 150	8-25	15-50	20-40	0.30	10-35
Furan polymer	1.6-1.7	0.20	48-64	7-8	-	-	-	38-61
Concrete	1.9-2.5	5-8	13-35	1.5-3.5	2-8	20-30	0.15- 0.20	10-12